Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 17, No. 4, Winter. 2020, p. 647-659

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۷، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۸، ص. ۶۵۹-۶۴۷

بررسی صفات زراعی و پارامترهای فلورسانس کلروفیل ژنوتیپ‌های برنج (*Oryza sativa* L.) در شرایط آبیاری غرقاب و زیرسطحی

حسین صبوری[1*]، حجت قربانی واقعی[2]، محمدرضا جعفرزاده رزمی[3]، محسن رضایی[4]، علی حشمت‌پور[5]، عاطفه صبوری[6]، مهناز کاتوزی[7]، سمیه سنچولی[8]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۱/۲۱
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۵/۰۵

چکیده

به‌منظور بررسی دو ژنوتیپ 87.110 و AE121 از نظر صفات زراعی و فتوسنتزی در شرایط غرقاب و آبیاری زیرسطحی دو آزمایش در سال ۱۳۹۶ در دانشگاه گنبد کاووس انجام شد. هر دو آزمایش به‌صورت مرکب و در دو آزمایش جداگانه (غرقاب و زیرسطحی) به‌ترتیب در ۱۸ و ۳ تکرار انجام شد. با توجه به یکنواختی خاک مورد استفاده، طرح پایه به‌صورت کاملاً تصادفی در نظر گرفته شد. در روش آبیاری غرقابی، زمین به‌صورت متداول آماده‌سازی شد. برای آبیاری زیرسطحی خاک هر کرت تا عمق ۴۰ سانتی‌متر برداشته شده و کپسول‌های رسی متخلخل کار گذاشته شد. برخی از صفات اندازه‌گیری شده شامل: ارتفاع و وزن کل بوته، وزن کل خوشه‌ها، طول خوشه اصلی، تعداد دانه پر و پوک، میزان باروری، وزن دانه پر، عملکرد، Y(II)، qP، qN، qL، NPQ، Fv/Fm، F'v/F'm، ETR، FO، F'O، Fv، Fm، F'm و F' بود. اختلاف بین روش‌های آبیاری و ارقام مورد بررسی در اکثر صفات زراعی به‌جز طول، عرض و مساحت برگ پرچم، عملکرد، وزن کل، تعداد خوشه نابارور و طول خوشه اصلی معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین نشان داد اکثر صفات مربوط به عملکرد در شرایط آبیاری غرقاب بهتر از زیرسطحی بودند. میزان عملکرد نیز در شرایط غرقاب ۵۰۶۹/۸۴ کیلوگرم در هکتار بود، در حالی‌که در شرایط زیرسطحی میزان عملکرد ۴۲۲۳/۱۳ کیلوگرم در هکتار بود. همچنین نتایج مطلوب از پارامترهای فلورسانس در شرایط غرقاب مشاهده شد که در این بین سرعت انتقال الکترون از فتوسیستم ۲ (ETR) در حالت غرقاب ۳۷/۱۳ بود که این میزان در شرایط زیرسطحی به ۲۷/۶۵ کاهش یافت. نتایج نشان داد ژنوتیپ AE121 دارای عملکرد بالاتری است و پتانسیل بالاتری تحت هر دو شرایط دارد و می‌توان کشت آن را برای دستیابی به عمکرد بالا توصیه نمود.

واژه‌های کلیدی: آبیاری، عملکرد، فلورسنس کلروفیل، کارایی مصرف آب، کپسول رسی

مقدمه

غلات مهم‌ترین گیاهان غذایی کره زمین و تأمین‌کننده ۷۰٪ از غذای مردم کره زمین است. در این میان برنج (*Oryza sativa* L.) غله‌ای است که بعد از گندم (*Triticum aestivum* L.)، رتبه دوم را در بین غلات دارا بوده و از جمله مهم‌ترین ماده غذایی دنیا محسوب می‌شود (Raeisi and Sabouri, 2015). این گیاه بیشترین نیاز آبی را در بین غلات دارد. در سطح جهانی بخش عمده برنج تولیدی از مزارع غرقاب به‌دست می‌آید (Rezaei and Nahvi, 2008). نتایج حاصل از تحقیقات در ایران نیز نشان داده است که اعمال دور آبیاری تناوبی با دور مناسب در مقایسه با آبیاری غرقابی دائم هیچ‌گونه کاهش عملکردی را در پی نداشته است و حتی در بعضی مواقع منجر به افزایش عملکرد گردیده است. ضمن این‌که با اعمال این روش آبیاری می‌توان در مواقع خشکسالی به میزان زیادی در مصرف آب مزرعه صرفه‌جویی نمود. آب صرفه‌جویی شده در این سال‌ها می‌تواند برای استفاده در اراضی بدون آب به‌خصوص اراضی پایین دست به‌کار رود (Asadi *et al.*, 2004). از جمله روش‌هایی که استفاده‌ی آب را توسط کشاورزان بهینه می‌کند، استفاده از سدهای خاکی، بندهای انحرافی، ایستگاه‌های پمپاژ جهت انحراف آب از رودخانه‌ها به سمت مزارع و کشتزارها است تا بتواند مایحتاج خود را تأمین کند. با توجه به این‌که روش‌های سنتی نمی‌توانند بهره‌برداری از آب را به دنبال داشته

۱- دانشیار، گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس، ایران
۲- استادیار، گروه چوب و جنگل، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس، ایران
۳- کارشناس ارشد اصلاح نباتات و کارشناس آزمایشگاه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس، ایران
۴- کارشناس ارشد بیوتکنولوژی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس، ایران
۵- استادیار، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس، ایران
۶- دانشیار، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران
۷- دانشجوی دکتری کشاورزی هسته‌ای، دانشکده علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران
۸- کارشناس ارشد بیوتکنولوژی کشاورزی، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: hos.sabouri@gmail.com)
DOI: 10.22067/gsc.v17i4.80027

باشند، لذا روش‌های نوین می‌توانند این مشکل را برطرف کرده و میزان بهره‌وری را افزایش دهند (Abdi, 2005).

آبیاری تحت فشار از روش‌هایی است که موجب افزایش راندمان آبیاری، توزیع یکنواخت تر آب در محدوده ریشه گیاهان، افزایش عملکرد گیاهان و در نتیجه افزایش بهره‌وری در مصرف آب می‌شود. روش‌های آبیاری میکرو زیرسطحی از فناوری‌هایی با مزایای متعدد و منحصر به فرد از نظر مسائل زراعی، حفظ منابع آب و خاک هستند، این روش‌ها اقتصادی بوده و راه‌حل مناسبی برای سازگاری با کمبود آب به‌شمار می‌آیند. از مزایای آبیاری میکرو زیر سطحی می‌توان به کاهش مصرف آب، افزایش رشد، بالا رفتن عملکرد و کیفیت محصول، افزایش بهره‌وری آب، کاهش خطر شوری برای گیاهان، تعدیل کاربرد کود و مواد شیمیایی، کنترل رشد علف‌های هرز، کاهش در مصرف انرژی، تسهیل در عملیات کشاورزی، حفظ ساختمان خاک و حفاظت بیشتر از محیطزیست اشاره کرد. اخیراً روش‌های آبیاری زیرسطحی سفالی به دلیل وجود خشکی و بروز خشکسالی‌های متعدد، مورد توجه قرار گرفته است (Ghorbani vaghei *et al*., 2011). خاستگاه این روش آبیاری، ایران باستان است که بعدها به سایر کشورهای آسیایی و آفریقایی گسترش یافته است (Abu-Zreig *et al*., 2006; Bainbridg, 2001).در سالیان اخیر رویکرد گسترده‌ای به سمت استفاده مجدد از سفال به‌صورت منبع تغذیه نقطه‌ای و یا خطی برای طراحی روش‌های بهینه در تأمین رطوبت خاک ایجاد شده است (Bainbridg, 2001). در آبیاری زیرسطحی سفالی، سفال‌ها نقش گسیلنده دارند؛ به همین دلیل، ویژگی‌های فیزیکی، هیدرولیکی و چگونگی عملکرد آن‌ها، از عوامل اصلی و تعیین‌کننده کارایی آبیاری زیرسطحی سفالی است. بررسی نتایج تحقیقات انجام شده در ایران نشان می‌دهد که قطعات سفالی از کارایی مصرف آب خوبی نسبت به سایر روش‌های مرسوم برخوردار است (Bastani, 2003; Ghorbani vaghei, 2011). رودریک و همکاران (Rodericek *et al*., 2011) در پژوهشی نتیجه گرفتند که روش کم‌آبیاری تناوب خشکی و رطوبت در حدود ۳۸ درصد مصرف آب آبیاری شالیزار را بدون کاهش عملکرد و سود کشاورزان، کاهش داده است. ایگاز و همکاران Iguaz *et al*, (2005) گزارش کردند که آبیاری در زراعت برنج از مهم‌ترین پارامترهای موثر در تولید، محسوب می‌شود، زیرا عملیات زراعی آن از قبیل نشاکاری، کوددهی، سمپاشی و کنترل علف‌های هرز بدون وجود آب کافی ممکن نخواهد بود.

بومان و همکاران (Bouman *et al*., 2007)، سینگسامر و همکاران (Singh Samar *et al*., 2008) و تانگ و بومان (Tuong and Buman, 2003) گزارش کردند برنج نسبت به دیگر گیاهان زراعی تحت آبیاری، بیشترین سطح زیر کشت را دارا بوده و بازده آبیاری آن نیز نسبت به دیگر غلات کمتر است، به‌طوری‌که برای تولید یک کیلوگرم برنج مقدار مصرف آب از ۵۰۰ تا ۲۰۰ لیتر متغیر بوده که حدوداً سه برابر بیشتر از گندم است. مائو (Mao, 2001) در آزمایشی نشان داد که کاربرد روش آبیاری Alternate Wet Drying (تناوب خشکی و رطوبت)، بهره‌وری آب را به‌طور متوسط از ۱/۰۴ کیلوگرم بر متر مکعب در روش آبیاری غرقابی به ۱/۵۲ کیلوگرم در متر مکعب در چهار استان چین، افزایش داد. این روش آبیاری، بهره‌وری آب را ۴۶ درصد و عملکرد دانه را تا ۶ درصد نسبت به روش سنتی (آبیاری غرقابی) افزایش داده است، در حالی‌که در روش Semi-Dry Cultivation (ترکیب آب کم‌عمق با تناوب خشکی و رطوبت) بهره‌وری آب، تا ۷۰ درصد و عملکرد دانه تا ۹ درصد نسبت به روش آبیاری غرقابی افزایش یافت. لی و بارکر Li and Barker, (2004) گزارش کردند که کاربرد تکنیک AWD در بعضی از مناطق، به علت وجود مسائل بیوفیزیکی و اجتماعی- اقتصادی دچار مشکلات فراوانی شده است. شی و همکاران (Shi *et al*., 2002) در آزمایشی نشان دادند که می‌توان با حفظ رطوبت خاک در حد اشباع، در مرحله‌ای از مراحل رشد و یا در تمام مراحل رشد، همگام با حصول عملکرد مطلوب، در مصرف آب نیز صرفه‌جویی کرد. کمبود آب برای تولید محصولات کشاورزی روز به روز افزایش می‌یابد. بنابراین بهبود و افزایش بازده مصرف آب جهت حفظ امنیت غذایی در آینده ضروری به نظر می‌رسد. لذا پژوهش حاضر به‌منظور بررسی واکنش‌های دو ژنوتیپ 87.110 و AE121 از نظر صفات زراعی و فتوسنتزی در شرایط غرقاب و آبیاری زیرسطحی و مقایسه دو شرایط آبیاری زیرسطحی و غرقاب از نظر عملکرد انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال ۱۳۹۶ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه گنبد کاووس با عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۱۶ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۵ درجه و ۱۲ دقیقه شرقی و ارتفاع ۴۵ متر از سطح دریا انجام شد. به‌منظور بررسی دو ژنوتیپ 87.110 (لاین حاصل از انتخاب توده بومی زودرس هندی) و AE121 (رقم هوازی دریافت شده از موسسه بین‌المللی تحقیقات برنج) از نظر صفات زراعی و فتوسنتزی در شرایط غرقاب و آبیاری زیرسطحی دو آزمایش طراحی شد. آزمایش اول در دو بخش جداگانه (زیرسطحی و غرقاب) انجام شد و هرکدام از بخش‌های آزمایش شامل ۱۸ تکرار بودند. برای هر کرت (تکرار) ابتدا نایلون‌های مخصوص در عمق ۴۰ سانتی‌متری قرار داده شد. سپس سیستم کپسول‌های متخلخل به همراه لوله‌های آبیاری متصل به آن‌ها روی نایلون‌ها قرار داده شد (Ghorbani *et al*., 2011) و نهایتاً داخل بلوک‌ها با خاک یکنواخت برای کلیه واحدهای آزمایشی پر شد. سپس نشاءها در داخل بلوک‌ها پس از نرم‌شدن خاک با استفاده از بیل، کشت شدند. با توجه به یکنواختی زمین مورد ارزیابی طرح پایه به‌صورت کاملاً تصادفی در نظر گرفته شد. خاک محل آزمایش از نوع لوم رسی سیلتی بود که دارای pH

برابر با ۷/۶ و هدایت الکتریکی ۱/۱ دسی‌زیمنس بر متر بود. مساحت واحدهای آزمایشی در این آزمایش ۳ متر مربع بود. آزمایش دوم نیز به‌منظور مقایسه عملکرد روش‌های آبیاری و ارقام با آزمایش اول در زمینی به مساحت بیشتر و معادل‌سازی آن با زمین‌های در دسترس کشاورزان، به‌صورت مرکب و در دو آزمایش جداگانه و در ۳ تکرار انجام شد. مساحت در هر آزمایش ۱۰۰ متر مربع در نظر گرفته شد. نظر به یکنواختی زمین و خاک مورد ارزیابی طرح پایه به‌صورت کاملاً تصادفی در نظر گرفته شد. با شروع فصل زراعی، خزانه‌گیری صورت گرفت. ابتدا بذرها در آب و نمک قرار گرفتند که در این حالت به علت اختلاف وزنی، بذر سنگین در ته و بذرهای سبک روی آب باقی ماندند. پس از جداسازی، بذرها با آب خالص شستشو داده شد و پس از قرار گرفتن در کیسه به مدت ۲ تا ۳ روز بذرها جوانه زده و آماده پاشیدن در خزانه شدند. بذرپاشی در خزانه با بذوری که دارای جوانه‌هایی به طول ۳-۲ میلی‌متر بودند با تراکم ۱۵۰ گرم در متر مربع در ۱۲ اردیبهشت ماه انجام گردید و در طول مرحله داشت در خزانه مراقبت‌های لازم از قبیل آبیاری، پاشیدن کود سرک، هوادهی و وجین انجام شد. لازم به ذکر است خزانه بدون پوشش پلاستیکی تهیه شد. در طول رشد گیاهچه‌ها در خزانه اقدام به آماده‌سازی زمین اصلی با توجه به طرح آزمایشی در کرت‌های مورد نظرگردید. در این طرح فاصله بین کرت‌ها یک متر و فاصله بین بلوک‌ها دو متر در نظر گرفته شد تا رطوبت کرت‌های مجاور اثری روی هم نداشته باشند. نشاکاری پس از ۴-۳ برگی شدن با انتخاب گیاهچه‌های سالم و یکنواخت در تاریخ ۲۰ خرداد در کرت‌ها با فاصله ۲۰×۲۰ سانتی‌متر و به تعداد سه گیاهچه در هر کپه انجام شد. مقادیر کود مصرفی بر اساس آزمون خاک به‌صورت پایه و سرک به‌طور یکسان در کرت‌ها مصرف شدند. کود اوره به میزان ۱۲۰-۱۰۰ کیلوگرم در هکتار در دو نوبت (یک دوم در زمان کاشت و یک دوم در مرحله پنجه‌زنی)، کود پتاس و فسفر به‌ترتیب به میزان ۱۰۰ و ۵۰ کیلوگرم در هکتار (قبل از کاشت) اضافه شد. برای کنترل علف‌های هرز در کشت اصلی علاوه بر استفاده از علف‌کش بوتاکلر به مقدار سه لیتر در هکتار، وجین دستی نیز انجام شد. در روش آبیاری غرقابی، زمین به‌صورت متداول آماده‌سازی شد. سیستم آبیاری در آزمایش زیرسطحی شامل ۳ خط لوله اصلی (به تعداد تیمارهای آبیاری) بود که در روی هر لوله اصلی یک شیر فلکه و یک کنتور حجمی (کنتور حجم‌سنج آبفر مدل DM با دقت یک لیتر) نصب گردید. لوله‌های اصلی در کنار زمین پهن شده و آب مورد نیاز برای هر تیمار با استفاده از لوله‌های ۱۶ میلی‌متری به ابتدای هر کرت برده شد. با قرار دادن فشارسنج در ابتدای خط لوله‌ها، در آبیاری زیرسطحی متوسط فشار کارکرد سیستم تنظیم گردید. کپسول‌های رسی متخلخل مورد نیاز از کارگاه ساخت و تولید قطعات سفالی دانشگاه تربیت مدرس تهیه شد. مشخصات ریخت‌شناسی و هیدرولیکی کپسول‌های رسی متخلخل در جدول ۲ ارائه شده است (Ghorbani vaghei *et al.*, 2011). برای تأمین آب آبیاری گیاهان از آب چاه غیر شرب (میزان فسفر و نیتروژن صفر، میزان نیترات ۰/۲۲ و pH آب ۷/۵۸ بود) دانشگاه گنبد کاووس استفاده شد و برای تأمین فشار هیدورستاتیکی ۲۵ کیلوپاسکال در سیستم‌های آبیاری از یک تانکر دو جداره ضد جلبک ۱۰۰۰ لیتری نصب شده استفاده شد.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در مکان آزمایش

Table 1- Physical and chemical properties of soil at the test site

مشخصه	**Characteristic**	مقدار **Value**
هدایت الکتریکی	Electric conductivity ($dS.m^{-1}$)	2
pH		7.6
مواد خنثی‌شونده	Neutralizing agents (percent)	10.5
کربن آلی	Organic Carbon (percent)	0.84
نیتروژن کل	Total Nitrogen (percent)	0.08
فسفر قابل‌جذب	Absorbable Phosphorus (ppm)	16.4
پتاسیم قابل‌جذب	Absorbable Potassium (ppm)	195
سیلت	Si (percent)	35
رس	C (percent)	54
لوم	L (percent)	11
درصد رطوبت اشباع	Saturated moisture percent	48.5
آهن	Fe	4
منگنز	Mn	17.8
روی	Zn	0.7
مس	Cu	2

جدول ۲- مشخصات ریخت‌شناسی و هیدرولیکی کپسول‌های رسی متخلخل GB2
Table 2- Morphological and hydrolytic specification of porous clay capsules

قطر خارجی External diameter (cm)	قطر داخلی Inner diameter (cm)	ضخامت دیواره Wall thickness (cm)	Length (cm)	آبدهی Watering ($Lit.h^{-1}$)			
				۲۵ کیلو پاسکال 25 kPa	۵۰ کیلو پاسکال 50 kPa	۸۰ کیلو پاسکال 80 kPa	۱۰۰ کیلو پاسکال 100 kPa
3.5	1.5	1.0	20.0	3.9	6.8	12.0	15.1

صفات زراعی اندازه‌گیری شده شامل ارتفاع بوته (بر حسب سانتی‌متر از محل یقه در سطح خاک تا انتهای خوشه مرکزی در زمان برداشت)، وزن کل بوته، تعداد خوشه نابارور، تعداد خوشه بارور، وزن کل خوشه‌ها، طول خوشه اصلی (با اندازه‌گیری فاصله بین گره خوشه تا نوک خوشه بدون احتساب ریشک بر حسب سانتی‌متر)، طول خروج خوشه از غلاف، طول، عرض و مساحت برگ پرچم، تعداد خوشه اولیه، تعداد دانه پر، تعداد دانه پوک، میزان باروری و وزن دانه پر و عملکرد بود. با استفاده از یک دستگاه فلورومتر (JUNIOR-PAM) پارامترهای فلورسانس اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری‌ها روی برگ‌های کاملاً رشدیافته، مستقر در راس شاخه اصلی (برگ پرچم) یک هفته پس از گلدهی انجام شد. پارامترهای اولیه فلورسانس کلروفیل شامل: فلورسانس پایه در حالت‌های سازگار شده به تاریکی (Fo) و قرار گرفته تحت نور اشباع (F'o)، فلورسانس حداکثر در حالت‌های سازگار شده به تاریکی (Fm) و نور اشباع (F'm)، فلورسانس ثابت (F') (Zhang *et al*., 2011) و سرعت انتقال الکترون از طریق فتوسیستم ۲ (ETR) اندازه‌گیری شدند. با توجه به پارامترهای فلورسانس اندازه‌گیری شده، تعدادی از پارامترهای دیگر شامل Fv=Fm-Fo یا فلورسانس متغیر در حالت سازگار شده به تاریکی (Krause *et al*., 1991)، Fv/Fm=(Fm-Fo)/Fm یا حداکثر کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم ۲ (Bolhar-Nordenkampf and Oquist, 1993)، F'v/F'm= (F'm-F'o)/F'm یا کارایی تبدیل انرژی الکترون‌ها به انرژی شیمیایی تحت نور اشباع (Genty *et al*., 1989)، NPQ=(Fm-F'm)-1 یا پراکنش غیر فتوشیمیایی فوتون‌های جذب شده (Bilger and Bjorkman, 1990)، qP=(F'm-F')/F'm-F'o) یا پراکنش فتوشیمیایی انرژی جذب شده (Genty *et al*., 1989)، Y (II)=(F'm-F')/F'm یا کارایی واقعی فتوشیمیایی فتوسیستم ۲ (Gilmore, 2004)، qN=1-((F'm-F'o)/(Fm-Fo)) یا ضریب خاموشی غیر فتوشیمیایی فلورسنت (Schreiber *et al*., 1986)، qL=qP*F'o/F' یا ضریب خاموشی فتوشیمیایی فلورسنت متصل به PSII (Kramer *et al*., 2004) محاسبه شدند. تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS انجام شد.

نتایج و بحث

بررسی صفات زراعی و فتوسنتزی در آزمایش اول

تغییرات صفات در دو شرایط آبیاری غرقاب و زیرسطحی مورد بررسی قرار گرفت (جدول ۳). تجزیه واریانس صفات مورد بررسی در مجموع شرایط آبیاری غرقاب و زیرسطحی نشان داد اختلاف بین ژنوتیپ‌ها برای کلیه صفات به‌جز مساحت برگ پرچم، وزن دانه پر و سرعت انتقال الکترون از طریق فتوسیستم (ETR) در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. این نتیجه بیانگر وجود اختلاف برای صفات ارزیابی شده در دو شرایط آبیاری غرقابی و زیرسطحی است. واکنش متفاوت ژنوتیپ‌های مورد بررسی نسبت به شرایط آبیاری موجب شد که اثر متقابل ژنوتیپ× شرایط کشت برای اکثر صفات به‌جز وزن کل، تعداد خوشه نابارور، طول خوشه اصلی، طول و عرض برگ پرچم، مساحت برگ پرچم، عملکرد در هکتار، F'، Y (II) و qP در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گردد. به عبارت دیگر روند تغییرات یا تفاوت ژنوتیپ‌ها از نظر هر خصوصیت در دو شرایط آبیاری غرقابی و زیرسطحی متفاوت بود. معنی‌دار شدن اثر متقابل نشان‌دهنده رفتار متفاوت ژنوتیپ‌ها در دو شرایط آبیاری غرقاب و زیرسطحی از نظر صفات مورد بررسی است و احتمالاً مکانیسم‌های متفاوت بین آن‌ها را در واکنش به شرایط مختلف کشت نشان می‌دهد که می‌تواند در انتخاب ژنوتیپ‌های مناسب برای هر شرایط کشت (غرقاب و زیرسطحی) مورد استفاده قرار گیرند. نظر به معنی‌دار شدن اثر متقابل ژنوتیپ شرایط کشت، ژنوتیپ‌ها به تفکیک در دو شرایط غرقاب و زیرسطحی مورد تجزیه واریانس (جدول ۴ و ۵) و مقایسه میانگین قرار گرفتند.

تجزیه واریانس صفات مورد بررسی در شرایط غرقاب نشان داد که اختلاف بین ژنوتیپ‌ها در همه صفات به‌جز وزن دانه پر و کارایی تبدیل انرژی الکترون‌ها به انرژی شیمیایی تحت نور اشباع (F'v/F'm) در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. در شرایط غرقاب بیشترین ضریب تغییرات مربوط به تعداد خوشه نابارور و کم‌ترین ضریب تغییرات مربوط به Fm بود که این مطلب نشان‌دهنده این است که لاین‌های مورد بررسی از نظر تعداد خوشه نابارور دارای بیشترین تنوع فنوتیپی و از نظر Fm دارای کمترین تنوع فنوتیپی است (جدول ۴).

جدول ۳- تجزیه واریانس صفات مورد بررسی در مجموع شرایط غرقاب و زیرسطحی

Table 3- Analysis of variance of traits in flooding and underneath conditions

منابع تغییر Source of variation	df	ارتفاع Height	وزن کل Total weight	تعداد خوشه بارور Number of fertile panicle	تعداد خوشه نابارور Number of infertile	وزن کل خوشه ها Total weight of panicles	طول خوشه اصلی Main panicle length	طول خروج خوشه از غلاف Length of panicle from pod	طول برگ پرچم Flag leaf length	عرض برگ برچم Flag leaf width	مساحت برگ پرچم Flag leaf area	تعداد خوشه اولیه Number of primary branches	تعداد دانه پر Number of filled grain	تعداد دانه پوچ Number of unfilled grain	باروری Fertility	وزن دانه پر Weight of filled grain	وزن کل دانه all grain weight
شرایط کشت Cultivation conditions	1	1645.46**	2272.75**	33.55**	48.34**	399.47**	117.04**	15.26**	161.85**	0.20**	61.24**	60.50**	5134.22**	34060.50**	15447.60**	3.65**	5495.01**
خطا ۱ Error a	34	9.20^{ns}	31.38**	2.58**	0.44^{ns}	1.31**	1.07**	0.60**	1.22**	0.1**	6.82**	0.58*	3.62**	2.34**	0.02^{ns}	0.04**	3.54^{ns}
ژنوتیپ Genotype	1	2242.26**	3948.79**	734.72**	136.12**	1942.69**	371.73**	403.99**	63.93**	0.11^{ns}	0.15^{ns}	34.72**	4232.00**	684.50**	757.64**	0.01^{ns}	8646.12**
ژنوتیپ × شرایط کشت Cultivation conditions× Genotype	1	88.44**	35.82^{ns}	14.22**	0.01^{ns}	32.00**	1.28^{ns}	1.85**	0.32ns	0.01^{ns}	0.01^{ns}	6.72**	206.72**	102.72**	16.90**	0.09**	260.68**
خطا ۲ Error b	34	5.56	13.48	0.35	0.33	0.44	0.41	0.11	0.19	0.01	0.97	0.28	1.18	0.28	0.22	0.01	4.57
ضریب تغییرات C.V		2.6	6. 6	2.2	11.52	2.9	3. 9	6.55	1.9	5.6	6.4	6.8	1.3	1.4	0.6	3.9	2.7

* و ** به‌ترتیب معنی‌دار بودن در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد. ns نبودن اختلاف معنی‌دار.

*, ** Probability levels at 0.05 and 0.01, respectively, ns no significant difference.

ادامه جدول ۳- تجزیه واریانس صفات مورد بررسی در مجموع شرایط غرقاب و زیرسطحی

Continue to Table 3- Analysis of variance of traits in flooding and underneath conditions

منابع تغییر Source of variation	df	عملکرد Yield	رسیدگی Ripe	F'	Fḿ	Y(II)	ETR	FÓ	qP	qN	QL	NPQ	Fo	Fm	Fv/Fm	Fv'/Fḿ	Fv
شرایط کشت Cultivation conditions	1	12968815.21**	1870.68**	9127.50**	1646.74**	0.25**	1599.57**	5419.56**	0.78**	0.19**	0.99**	0.68**	5659.29**	260937.78**	0.25**	0.07**	57291.12**
خطا ۱ Error a	34	97647.49**	0.99^{ns}	1.27ns	3.27^{ns}	0.01^{ns}	0.84^{ns}	1.07^{ns}	0.01^{ns}	0.01*	0.01^{ns}	0.01^{ns}	0.87^{ns}	0.35^{ns}	0.01^{ns}	0.01^{ns}	4.72^{ns}
ژنوتیپ Genotype	1	23398135.50**	2139.01**	1707.87**	1627.66**	0.07**	172.25^{ns}	349.65**	0.14**	0.01**	0.13**	0.01**	2909.14**	9172.59**	0.01**	0.01**	1750.34**
ژنوتیپ × شرایط کشت Cultivation conditions× Genotype	1	109927.35^{ns}	21.12**	1.20^{ns}	80.92**	0.01ns	59.34**	11.95**	0.01^{ns}	0.01**	0.01**	0.01*	118.40**	934.70**	0.01**	0.01**	1730.68**
خطا ۲ Error b	34	352434.74	0.95	1.42	2.98	0.01	0.74	0.62	0.01	0.01	0.01	0.01	0.75	2.65	0.01	0.01	3.69
ضریب تغییرات C.V		12.7	0.2	0.9	0.7	1.3	2. 7	1.4	1.4	8.1	3.3	3.30	1.0	0.6	0.6	0.5	1.1

* و ** به‌ترتیب معنی‌دار بودن در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد. ns نبودن اختلاف معنی‌دار.

*, ** Probability levels at 0.05 and 0.01, respectively, ns no significant difference.

جدول ٤- تجزیه واریانس صفات مورد بررسی در شرایط غرقاب

Table 4- Analysis of variance of traits in flooding conditions

منابع تغییر Source of variation	df	ارتفاع height	وزن کل Total weight	تعداد خوشه بارور Number of fertile panicle	تعداد خوشه نابارور Number of infertile	وزن کل خوشه ها Total weight of panicles	طول خوشه اصلی Main panicle length	طول خروج خوشه از غلاف Length of panicle from pod	طول برگ پرچم Flag leaf length	عرض برگ برچم Flag leaf width	مساحت برگ پرچم Flag leaf area	تعداد خوشه اولیه Number of primary branches	تعداد دانه پر Number of filled grain	تعداد دانه پوچ Number of unfilled grain	باروری Fertility	وزن دانه پر Weight of filled grain	وزن کل دانه All grain weight
ژنوتیپ Genotype	1	1610.68**	3268.44**	476.69**	66.69**	1236.69**	208.32**	230.28**	36.70**	0.06**	0.11**	36.00**	3154.69**	128.44**	274.08**	0.10ns	5954.69**
خطا Error	34	11.67	27.36	1.75	0.55	1.08	0.86	0.52	0.69	0.01	4.85	0.38	3.85	0.60	0.36	0.02	4.36
ضریب تغییرات C.V		3.6	8.5	5.5	17.8	4.1	4.5	12.6	3.4	9.7	12.7	7.1	2.0	5.0	0.7	7.8	2.3

* و ** به‌ترتیب معنی‌دار بودن در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد. ns نبودن اختلاف معنی‌دار.

*,**Probability levels at 0.05 and 0.01, respectively, ns no significant difference.

ادامه جدول ٤- تجزیه واریانس صفات مورد بررسی در شرایط غرقاب

Continue to Table 4- Analysis of variance of traits in flooding conditions

منابع تغییر Source of variation	df	عملکرد Yield	رسیدگی Ripe	F'	Fḿ	Y(II)	ETR	FÓ	qP	qN	qL	NPQ	Fo	Fm	Fv/Fm	Fv'/Fḿ	Fv
ژنوتیپ Genotype	1	13357806.69**	11377.77**	809.08**	1217.23**	0.03**	216.90**	116.16**	0.07**	0.01**	0.10**	0.01**	926.86**	8000.30**	0.01**	0.01^{ns}	3481.00**
خطا Error	34	285543.50	0.75	1.45	4.05	0.01	0.95	0.92	0.01	0.01	0.01	0.01	1.10	1.75	0.01	0.01	3.23
ضریب تغییرات C.V		10.5	0.9	1.0	0.8	1.1	2.6	1.5	1.2	9.1	3.1	1.11	1.4	0.5	0.6	0.6	0.9

* و ** به‌ترتیب معنی‌دار بودن در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد. ns نبودن اختلاف معنی‌دار.

*,** Probability levels at 0.05 and 0.01, respectively, ns no significant difference.

تجزیه واریانس صفات مورد بررسی در شرایط زیرسطحی نشان داد که اختلاف بین ژنوتیپ‌ها در همه صفات به‌جز مساحت برگ پرچم، وزن دانه پر qN و Fv در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. در شرایط زیرسطحی بیشترین ضریب تغییرات مربوط به وزن دانه پر و کم‌ترین ضریب تغییرات مربوط به Fv'/Fḿ بود که این مطلب نشان‌دهنده این است که لاین‌های مورد بررسی از نظر وزن دانه پر دارای بیشترین تنوع فنوتیپی و از نظر Fv'/Fḿ دارای کمترین تنوع فنوتیپی است (جدول ۵).

جدول ۵- تجزیه واریانس صفات مورد بررسی در شرایط زیرسطحی

Table 5- Analysis of variance of traits in underneath conditions

منابع تغییر Source of variation	df	ارتفاع Height	وزن کل Total weight	تعداد خوشه بارور Number of fertile panicle	تعداد خوشه نابارور Number of infertile	وزن کل خوشه ها Total weight of panicles	طول خوشه اصلی Main panicle length	طول خروج خوشه از غلاف Length of panicle from pod	طول برگ پرچم Flag leaf length	عرض برگ پرچم Flag leaf width	مساحت برگ پرچم Flag leaf area	تعداد خوشه اولیه Number of primary branches	تعداد دانه پر Number of filled grain	تعداد دانه پوچ Number of unfilled grain	باروری Fertility	وزن دانه پر Weight of filled grain	وزن کل دانه All grain weight
ژنوتیپ Genotype	1	720.02^{**}	1616.18^{**}	272.25^{**}	69.44^{**}	738.00^{**}	164.69^{**}	175.52^{**}	27.56^{**}	0.05^{**}	0.04^{ns}	5.44^{**}	1284.02^{**}	658.77^{**}	500.46^{**}	0.01^{ns}	2952.11^{**}
خطا Error	34	2.90	17.50	1.19	0.22	0.67	0.61	0.20	0.72	0.01	2.93	0.47	1.22	2.03	0.09	0.02	3.75
ضریب تغییرات C.V		2.00	8.31	5.57	8.08	4.00	4.31	9.34	3.98	9.7	12.7	10.99	1.5	2.4	0.6	10.6	2.7

* و ** به‌ترتیب معنی‌دار بودن در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد. ns نبودن اختلاف معنی‌دار.

*,** Probability levels at 0.05 and 0.01, respectively, ns no significant difference.

ادامه جدول ۵- تجزیه واریانس صفات مورد بررسی در شرایط زیرسطحی

Continue to Table 5- Analysis of variance of traits in underneath conditions

منابع تغییر Source of variation	df	عملکرد Yield	رسیدگی Ripe	F'	Fḿ	Y(II)	ETR	FÓ	qP	qN	qL	NPQ	Fo	Fm	Fv/Fm	Fv'/Fḿ	Fv
ژنوتیپ Genotype	1	10150256.16^{**}	10033.36^{**}	900.00^{**}	491.36^{**}	0.03^{**}	14.69^{**}	245.44^{**}	0.07^{**}	0.01^{ns}	0.38^{**}	0.01^{**}	2100.69^{**}	2116.00^{**}	0.01^{**}	0.01^{**}	0.02^{ns}
خطا Error	34	164538.74	1.18	1.24	2.20	0.01	0.63	0.78	0.01	0.01	0.01	0.01	0.53	4.46	0.01	0.01	5.18
ضریب تغییرات C.V		9.6	1.4	0.8	0.6	1.6	2.9	1.8	1.5	9.5	3.1	3.3	0.8	0.9	0.8	0.5	1.6

* و ** به‌ترتیب معنی‌دار بودن در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد. ns نبودن اختلاف معنی‌دار.

*,** Probability levels at 0.05 and 0.01, respectively, ns no significant difference.

مقایسه میانگین: مقایسه میانگین ژنوتیپ‌ها در دو شرایط آبیاری غرقاب و زیرسطحی نشان داد اجزای عملکرد شامل: وزن دانه پر، وزن کل دانه، تعداد خوشه بارور و اولیه و تعداد دانه پر در شرایط غرقاب دارای میانگین بالاتری نسبت به شرایط زیرسطحی است و اختلاف معنی‌داری بین ژنوتیپ‌ها از نظر این صفات وجود داشت (جدول ۶). جورامی و همکاران (Juraimi *et al*., 2009) در بررسی اثر رژیم‌های مختلف آبیاری بر رشد و عملکرد برنج گزارش کردند که ارتفاع بوته در شرایط آبیاری غرقاب دائم بیشتر از تیمارهای رژیم‌های مختلف آبیاری بود.

مقایسه میانگین بین ژنوتیپ‌ها در شرایط غرقاب نشان داد ژنوتیپ AE121 از نظر ارتفاع کل و صفات مربوط به عملکرد مانند وزن کل خوشه‌ها، وزن دانه کل، تعداد خوشه بارور و تعداد دانه پر میانگین بالاتری نسبت به ژنوتیپ 87.110 دارد (جدول ۶). مقایسه میانگین بین ژنوتیپ‌ها در شرایط زیرسطحی نیز نشان داد ژنوتیپ AE121 دارای میانگین بالاتری از نظر ارتفاع و وزن کل، وزن کل خوشه‌ها، وزن کل دانه و دیگر صفات مربوط به عملکرد بود (جدول ۶). با توجه به بالا بودن صفات عملکردی در شرایط غرقاب طبیعی است که میانگین عملکرد در شرایط غرقاب بیشتر از شرایط زیرسطحی است؛ نتایج نیز نشان داد عملکرد در هکتار در شرایط غرقاب بالاتر ازشرایط زیرسطحی است و اختلاف معنی‌داری از نظر این صفت بین ژنوتیپ‌ها وجود داشت. طول، عرض و مساحت برگ پرچم در شرایط غرقاب بیشتر از شرایط زیرسطحی بود. مقایسه میانگین بین ژنوتیپ‌ها در شرایط غرقاب و زیر سطحی نشان داد ژنوتیپ AE121 عملکرد بالاتری نسبت به ژنوتیپ 87.110 دارد (جدول ۶). هوانگ و همکاران (Hwang *et al*., 1989) نشان دادند که تنش آبی، طول خوشه را در برنج کاهش داد. جیانگ و همکاران (Jiang *et al*., 1991) اختلاف معنی‌داری را برای عملکرد، تحت مدیریت‌های مختلف آبیاری در برنج مشاهده نمودند. میرلوحی و همکاران (Mirlohi *et al*., 2004) نیز نشان دادند که در شرایط غرقاب بعضی عناصر غذایی به شکل محلول و قابل جذب گیاه تبدیل می‌شود، در نتیجه باعث رشد بهتر گیاه و افزایش عملکرد آن می‌گردد. با مقایسه آبیاری غرقاب و زیرسطحی تفاوت در پارامترهای فلورسانس کلروفیل مشاهده شد (جدول ۶). یکی از روش‌های تعیین اختلال در سیستم فتوسنتزی اندازه‌گیری فلورسانس کلروفیل است که بازتاب وضعیت فتوشیمیایی گیاه می‌باشد (Mohammadi *et al*., 2008).

جدول ٦- مقایسه میانگین صفات مورد بررسی در مجموع شرایط غرقاب و زیرسطحی، غرقاب و زیرسطحی
Table 6- Mean comparison of traits in flooding and underneath conditions, flooding and underneath.

	ارتفاع Height (cm)	وزن کل Total weight (g)	تعداد خوشه بارور Number of fertile panicle	تعداد خوشه نابارور Number of infertile	وزن کل خوشه ها Total weight of panicles (g)	طول خوشه اصلی Main panicle length (cm)	طول خروج خوشه از غلاف Length of panicle from pod (cm)	طول برگ پرچم Flag leaf length (cm)	عرض برگ پرچم Flag leaf width (cm)	مساحت برگ پرچم Flag leaf area (cm²)	تعداد خوشه اولیه Number of primary branches	تعداد دانه پر Number of filled grain	تعداد دانه پوچ Number of unfilled grain	باروری Fertility	وزن دانه پر Weight of filled grain (g)	وزن کل دانه All grain weight (g)	عملکرد Yield	رسیدگی Ripening
مقایسه شرایط غرقاب و زیر سطحی Compare the conditions of flooding and underneath																		
Flooding	94.30a	61.34a	24.04a	4.23b	25.04a	20.68a	5.78a	24.40a	0.95a	17.33a	8.70a	92.33a	15.61b	85.35a	2.03a	88.18a	5069.84a	88.41a
Underneath	84.80b	50.14b	19.51b	5.87a	20.36b	18.14b	4.85b	21.40b	0.84b	13.52b	6.88b	75.53b	59.17a	56.03b	1.58b	70.81b	4223.14b	78.b24
مقایسه ارقام در شرایط غرقاب Compare of varieties in flooding condition																		
87.110	87.79b	53.44b	20.50b	5.56a	19.33b	18.34b	8.24a	25.38a	0.91b	17.27a	7.72b	83.22b	17.44a	82.67b	1.97a	75.67b	4477.20b	71.11b
AE121	101.17a	69.67a	27.78a	2.83b	31.06a	23.15a	3.18b	23.36b	0.99a	17.39a	9.72a	101.94a	13.67b	88.19a	2.08a	101.39a	5695.40a	106.67a
مقایسه ارقام در شرایط زیرسطحی Compare of varieties in underneath condition																		
87.110	80.44b	43.62b	16.83b	7.22a	15.96b	16.06b	7.00a	22.25a	0.80b	13.49a	6.50b	69.72b	63.33a	52.40b	1.60a	62.00b	3706.50b	62.00b
AE121	89.39a	57.02a	22.33a	4.44b	25.01a	20.33a	2.58b	20.50b	0.88a	13.56a	7.28a	81.67a	54.78b	59.86a	1.56a	80.11a	4768.50a	95.39a

ادامه جدول ٦- مقایسه میانگین صفات مورد بررسی در مجموع شرایط غرقاب و زیرسطحی، غرقاب و زیرسطحی
Continue to Table 6- Mean comparison of traits in flooding and underneath conditions, flooding and underneath.

	F'	Fḿ	Y(II)	ETR	FÓ	qP	qN	qL	NPQ	Fo	Fm	Fv/Fm	Fv'/Fḿ	Fv
Flooding	113.57b	237.58a	0.52a	37.13a	65.73a	0.72a	0.14b	0.42a	0.16b	76.32b	277.14a	0.72a	0.72b	200.82a
Underneath	136.08a	227.96a	0.40b	27.65b	48.40b	0.51b	0.25a	0.18b	0.36a	64.12a	238.26b	0.61b	0.79a	144.13b
87.110	108.96b	243.24a	0.55a	39.52a	67.48a	0.76a	0.16a	0.47a	0.17a	81.25a	291.64a	0.72b	0.72a	210.38a
AE121	118.44a	231.61b	0.49b	34.61b	63.88b	0.67b	0.12b	0.36b	0.15b	71.11b	261.83b	0.73a	0.72a	190.72b
87.110	131.22b	231.55a	0.43a	28.22a	50.94a	0.56a	0.25a	0.22a	0.36a	101.55a	245.72a	0.59b	0.78b	144.16a
AE121	141.22a	224.66b	0.37b	27.00b	45.72b	0.46b	0.23b	0.15b	0.35b	86.27b	230.38b	0.63a	0.80a	144.11a

فلورسانس ثابت (F')، فلورسانس حداکثر در حالت‌های سازگار شده به نور اشباع (F'm)، کارایی واقعی فتوشیمیایی فتوسیستم ۲ (Y(II)، سرعت انتقال الکترون از طریق فتوسیستم ۲ (ERT)، فلورسانس پایه در حالت قرار گرفته تحت نور اشباع (F'O)، یا پراکنش فتوشیمیایی انرژی جذب شده (qP)، ضریب خاموشی غیر فتوشیمیایی فلورسنت (qN)، ضریب خاموشی فتوشیمیایی فلورسنت متصل به PSII (qL)، پراکنش غیر فتوشیمیایی فوتون‌های جذب شده (NPQ)، فلورسانس پایه در حالت‌های سازگار شده به تاریکی (Fo)، فلورسانس حداکثر در حالت‌های سازگار شده به تاریکی (Fm)، حداکثر کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم ۲ (Fv/Fm)، کارایی تبدیل انرژی الکترون‌ها به انرژی شیمیایی تحت نور اشباع (Fv'/Fḿ)، فلورسانس متغیر در حالت سازگار شده به تاریکی (Fv).

فلورسانس پایه در حالت‌های سازگار شده به تاریکی (Fo) در شرایط زیرسطحی بالاتر از شرایط غرقاب بود. فلورسانس حداکثر در حالت‌های سازگار شده به تاریکی (Fm) نیز در حالت غرقاب بالاتر از شرایط زیرسطحی بود (جدول ۶). شاخص‌های Fo و Fm از پارامترهای مهم به‌شمار می‌روند که برای ارزیابی مقایسه‌ای دیگر پارامترهای فلورسانس اندازه‌گیری می‌شوند. گرچه این دو پارامتر اساس محاسبه دیگر متغیرهای فلورسانس را تشکیل می‌دهند اما مقدار آن‌ها متغیر است. افزایش Fo و کاهش Fm گویای آسیب رسیدن به انتقال فوتون‌های جذب شده از آنتن‌ها به مراکز واکنش است (Schreiber *et al.*, 1998). بنابراین افزایش Fo مشاهده شده می‌تواند مربوط به آسیب دستگاه فتوسنتزکننده مانند غیر فعال شدن بخشی از مراکز واکنش فتوسیستم ۲ باشد که ممکن است برگشت‌پذیر یا غیرقابل جبران باشد (Yamane *et al.*, 1997). بالا بودن Fm در حالت غرقاب نیز نشان‌دهنده بهتر بودن این شرایط نسبت به شرایط زیرسطحی برای این پارامتر مهم فلورسانس است. مقایسه این دو صفت در شرایط غرقاب برای دو ژنوتیپ نشان داد ژنوتیپ AE121 در Fo دارای میانگین کمتری نسبت به 87.110 بود که این امر دلیل بر برتر بودن ژنوتیپ AE121 از نظر این صفت است. Fm در ژنوتیپ 87.121 بالاتر از ژنوتیپ AE121 بود. در شرایط زیرسطحی مقدار Fo در ژنوتیپ AE121 کمتر از ژنوتیپ 87.110 بود و اما مقدار Fm در ژنوتیپ 87.110 بالاتر از ژنوتیپ AE121 بود (جدول ۶). افت Fm ممکن است با کاهش فعالیت کمپلکس آنزیم تجزیه‌کننده آب و همچنین چرخه انتقال الکترون در درون یا اطراف فتوسیستم II ارتباط داشته باشد (Zlatev and Yordanov, 2004). ممنوعی و سید شریفی (Mamnoei and Seyed Sharifi, 2010) در بررسی تاثیر محدودیت آبی بر شاخص‌های فلورسانس کلروفیل ارقام مختلف جو بیان کردند که به دلیل افزایش Fo و کاهش Fm کارایی فتوسیستم II طی تنش آبی کاهش یافت. نتایج مقایسه میانگین در مجموع شرایط غرقاب و زیرسطحی نشان داد در شرایط غرقاب مقدار پارامتر Fv بیشتر از شرایط زیرسطحی است و احتلاف معنی‌داری بین دو شرایط آبیاری وجود دارد. مقایسه میانگین بین ژنوتیپ‌ها در شرایط غرقاب نشان داد ژنوتیپ 87.110 دارای Fv بالاتری نسبت به ژنوتیپ AE121 است. در شرایط زیرسطحی هر دو ژنوتیپ در یک گروه قرار گرفتند (جدول ۶). بالا بودن Fv نشان‌دهنده بالا بودن عملکرد در ژنوتیپ‌ها است (Rostaei *et al.*, 2009). مقایسه میانگین عملکرد که در جدول ۶ مشاهده می‌شود نیز این امر را تایید می‌کند. سرعت انتقال الکترون از فتوسیستم ۲ (ETR) در حالت غرقاب بالاتر از شرایط زیرسطحی بود. در شرایط فقدان تنش مقدار این پارامتر افزایش می‌یابد که بالا بودن آن در شرایط غرقاب حاکی از بهتر بودن شرایط نسبت به زیرسطحی است. کاهش میزان ETR را می‌توان به افزایش تراکم یون‌ها در سیتوسل و به دنبال آن از هم پاشیدگی پلاستوسیانین در مجموعه فتوسیستم ۱ نسبت داد که نتیجه آن کاهش انتقال الکترون بین فتوسیستم ۱ و ۲ است (De Lucena *et al.*, 2012). مقایسه

میانگین بین ژنوتیپ‌ها در شرایط غرقاب نشان داد ژنوتیپ 87.110 دارای میانگین بالاتری از نظر پارامتر ETR دارد. همچنین این مقایسه در شرایط زیرسطحی نیز بیانگر برتری این ژنوتیپ بر ژنوتیپ AE121 بود (جدول ۵). پتانسیل فتوشیمیایی فتوسیستم ۲ (Fv/Fm) بیانگر ظرفیت جذب انرژی القایی توسط برگ است و معمولاً به‌عنوان پیامد اثرات عوامل نامساعد محیطی مانند خشکی، شوری و سرما کاهش می‌یابد. در شرایطی که عوامل محیطی برای گیاه بازدارنده نباشند، نسبت Fv/Fm در دامنه ۰/۷۵ تا ۰/۸۵ (بسته به گونه گیاه) قرار دارد (Schreiber *et al*., 1998). کاهش نسبت مذکور به کمتر از مقدار طبیعی (۰/۷۵>) حاکی از فتواکسیدان نوری و آسیب رسیدن به مراکز واکنش فتوسیستم ۲ است (Kaouther *et al*., 2012).

مقایسه دو شرایط آبیاری غرقاب و زیرسطحی نشان داد پارامتر Fv/Fm در شرایط غرقاب بالاتر از شرایط زیرسطحی است (جدول ۶). مقایسه میانگین بین ژنوتیپ‌ها برای صفت Fv/Fm در شرایط غرقاب نشان داد ژنوتیپ 87.110 دارای مقدار بالاتری است ولی در شرایط زیرسطحی ژنوتیپ AE121 از نظر این صفات مقدار بالاتری را نشان داد (جدول ۶). سید (Sayed, 2003) گزارش کرد ژنوتیپ‌های با نسبت بالای Fv/Fm در شرایط تنش شدید کارایی فتوسنتزی بالاتری دارند. باسا و همکاران (Basu *et al*., 1998) بیان داشتند که تنش خشکی تاثیر معنی‌داری بر کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II سیب‌زمینی دارد و با افزایش شدت تنش مقدار آن کاهش می‌یابد، اما با رفع تنش در گیاه به حالت اولیه خود برمی‌گردد.

کارایی تبدیل انرژی الکترون‌ها به انرژی شیمیایی تحت نور اشباع (F'v/F'm) در شرایط غرقاب بیشتر از شرایط زیرسطحی بود که بالا بودن این پارامتر نشان‌دهنده مطلوب بودن شرایط آبیاری غرقاب نسبت به زیرسطحی است. اصطلاح F'v/F'm به پارامتر جنتی (Genty) معروف است (De Lucena *et al*., 2012) و بیانگر کارایی تبدیل انرژی الکترون‌ها به انرژی شیمیایی توسط مراکز واکنش باز در فتوسیستم ۲ است (جدول ۶). پارامتر F'v/F'm تغییرات در کارایی کوانتومی فتوسنتز را به‌خوبی آشکار می‌کند و کاهش آن نشان‌دهنده کاهش انتقال الکترون بین فتوسیستم ۱ و ۲ است (Baker and Horton, 1987). مقایسه میانگین بین ژنوتیپ‌ها برای پارامتر F'v/F'm در شرایط غرقاب هر دو ژنوتیپ را در یک گروه قرار داد (جدول ۶)، اما در شرایط زیرسطحی ژنوتیپ 87.110 از نظر این صفت مقدار بیشتری را دارا بود (جدول ۶).

NPQ یا پراکنش غیرفتوشیمیایی انرژی جذب شده از پارامترهایی است که در شرایط عدم تنش مقدار پایینی دارد. در پژوهش حاضر نیز مقدار این پارامتر در شرایط غرقاب کمتر از شرایط زیرسطحی است که نشان‌دهنده مطلوب بودن شرایط غرقاب برای این پارامتر فلورسانس است (جدول ۳). مقایسه میانگین بین ژنوتیپ‌ها نشان‌دهنده بالاتر بودن پارامتر NPQ در شرایط غرقاب در ژنوتیپ 87.110 بود که این موضوع در شرایط زیرسطحی نیز تکرار شد (جدول ۴).

مقایسه میانگین شرایط غرقاب و زیرسطحی نشان داد میزان پارامتر qN در شرایط زیرسطحی بالاتر است (جدول ۳). میزان این پارامتر در شرایط غرقاب در ژنوتیپ 87.110 بالاتر است (جدول ۶)، در حالی‌که در شرایط زیرسطحی ژنوتیپ AE121 دارای میزان qN بالاتری نسبت به ژنوتیپ 87.110 دارد. در گیاهانی که مقاومت بیشتری به تنش دارند میزان qP و Y(II) بیشتر است و کمترین میزان هدر رفت انرژی (qN) وجود دارد (Baker and Horton, 1987). رتو و همکاران (Reto *et al*., 2004) گزارش کردند در سیب‌زمینی در شرایط تنش خشکی بین ژنوتیپ‌ها از نظر پارامتر Fv تفاوت معنی‌داری وجود دارد.

مقایسه عملکرد در دو آزمایش

نتایج مقایسه میانگین نشان داد در آبیاری غرقاب در هر دو آزمایش میزان عملکرد بالاتر از شرایط زیرسطحی است و اختلاف معنی‌داری بین دو شرایط آبیاری غرقاب و زیرسطحی وجود دارد. مقایسه ژنوتیپ‌ها در شرایط غرقاب نشان داد ژنوتیپ AE121 دارای پتانسیل بالاتری از نظر عملکرد است. با توجه به نتایج به‌دست آمده در شرایط زیرسطحی نیز می‌توان مشاهده کرد ژنوتیپ AE121 در رسیدن به عملکرد بالا موفق‌تر از ژنوتیپ 87.110 است. با توجه به تکرار این نتیجه در شرایط غرقاب و زیرسطحی می‌توان ژنوتیپ AE121 را به‌عنوان ژنوتیپی با عملکرد بالاتر معرفی کرد (جدول ۷).

کارایی مصرف آب

آب به‌عنوان یکی از پارامترهای اساسی در تولید محصول، قابل بحث می‌باشد تا بتوان از آن برای دستیابی به بیشترین تولید، استفاده کرد. برای تعیین کارایی مصرف آب از مهم‌ترین تعریف آن در کشاورزی (عملکرد اقتصادی تولید شده به‌ازای آب مصرف شده در واحد سطح) استفاده شد. نتایج نشان داد در آزمایش اول حداکثر کارایی مصرف آب مربوط به شرایط زیرسطحی است. این نتیجه در آزمایش دوم نیز تکرار شد. در شرایط غرقاب میزان آب مصرفی ۶۵۴۰ متر مکعب بیشتر از شرایط زیرسطحی بود، در آزمایش اول عملکرد در شرایط غرقاب ۸۶۴/۷۱ کیلوگرم بیشتر از شرایط زیرسطحی و این میزان در آزمایش دوم در شرایط غرقاب ۱۲۶۷/۳۴ کیلوگرم بیشتر از شرایط زیرسطحی بود (جدول ۷). استفاده از روش‌های آبیاری غیرغرقابی برای کاهش مصرف آب و به‌عنوان یکی از راهکارهای مقابله با کم‌آبی توسط محققان مورد تایید قرار گرفته است (Rezaei and Nahvi, 2003). حیدری (Heidari, 2011) با استفاده از آمار سطح زیرکشت محصولات انتخابی در مناطق مختلف و ارقام متوسط کارایی مصرف آب، نشان داد متوسط وزنی شاخص کارایی مصرف آب کشور ۱/۳۸ کیلوگرم بر متر مکعب آب می‌باشد.

جدول ۷- مقایسه میانگین عملکرد در مجموع شرایط غرقاب و زیرسطحی، غرقاب و زیرسطحی در دو آزمایش

Table 7- Mean comparison of yield in flooding and underneath conditions, flooding and underneath in both experiment

شرایط Conditions	آزمایش اول First experiment عملکرد Yield (kg.ha^{-1})	آزمایش دوم Second experiment عملکرد Yield (kg.ha^{-1})
	مقایسه شرایط غرقاب و زیرسطحی Compare the conditions of flooding and underneath	
Flooding	50.69.84^{a}	5407.50^{a}
Underneath	4223.13^{b}	4140.16^{b}
	مقایسه ارقام در شرایط غرقاب Compare of varieties in flooding condition	
87.110	4477.20^{b}	4705.00^{b}
AE121	5695.40^{a}	6110.00^{a}
	مقایسه ارقام در شرایط زیرسطحی Compare of varieties in underneath condition	
87.110	3706.50^{b}	3633.33^{b}
AE121	4768.50^{a}	4247.00^{a}

جدول ۸- مقایسه کارکرد مصرف آب در دو آزمایش در شرایط غرقاب و زیرسطحی

Table 8- Comparison of water efficiency in two experiment under flooding and underneath conditions

روش آبیاری Irrigation method	میزان آب مصرفی Amount of water consumed (m^3.ha^{-1})	آزمایش اول First experiment		آزمایش دوم Second experiment	
		عملکرد Yield (kg.ha^{-1})	کارایی مصرف آب Water efficiency (kg.m^{-3}.ha^{-1})	عملکرد Yield (kg.ha^{-1})	کارایی مصرف آب Water efficiency (kg.m^{-3}.ha^{-1})
غرقاب Flooding	13300	5069.84	0.3811	5407.50	0.4065
زیرسطحی Underneath	6850	4223.13	0.6165	4140.16	0.6044

نتیجه‌گیری

نتایج تجزیه واریانس هر دو آزمایش در صفات مورد بررسی نشان داد بین شرایط آبیاری غرقاب و زیرسطحی و همچنین بین ژنوتیپ‌ها در شرایط آبیاری غرقاب و زیرسطحی اختلاف وجود دارد. مقایسه میانگین ژنوتیپ‌ها در شرایط غرقاب و زیرسطحی نشان داد ژنوتیپ AE121 نسبت به ژنوتیپ 87.110 دارای پتانسیل بالاتری است و می‌توان کشت آن را برای دستیابی به عملکرد بالا توصیه نمود. در شرایط غرقاب و همچنین زیرسطحی ژنوتیپ AE121 دارای عملکرد بالاتری نسبت به ژنوتیپ 87.110 بود. در شرایط غرقاب ژنوتیپ AE121 از نظر پارامترهای F'، Fv/Fm، F'v/F'm، qN، Fo و NPQ دارای برتری نسبت به ژنوتیپ 87.110 بود. همچنین در شرایط زیرسطحی ژنوتیپ AE121 از نظر پارامترهای F'، Fo، F'v/F'm برتری نسبت به ژنوتیپ 87.110 بود.

نظر به این‌که در این بررسی میزان عملکرد در شرایط زیرسطحی با توجه به متوسط عملکرد برنج در منطقه قابل قبول می‌باشد و باتوجه به کاهش روزافزون منابع آب و میزان قابل توجه صرفه‌جویی در آب استفاده از سیستم آبیاری زیر سطحی با کپسول‌های متخلخل می‌تواند راهکار بسیار موثری در ذخیره آب زیرزمینی باشد. در واقع نقطه بهینه‌ای برای بهره‌وری زمین و آب وجود دارد و این رابطه بدین معناست که افزایش کارایی مصرف آب ناشی از افزایش عملکرد همیشه مستقیم نبوده و بعد از نقطه بهینه با افزایش بیشتر عملکرد، کارایی مصرف آب پایین می‌آید.

سپاسگزاری

این مقاله مستخرج از طرح ملی توسعه، ترویج و تکثیر ارقام برنج به روش کم‌آبیاری در مناطق شمال شرق کشور می‌باشد. لذا بدین‌وسیله از معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری جهت حمایت‌های مالی و معنوی تشکر و قدردانی می‌شود. همچنین از جناب آقای دکتر مهدی ملاشاهی، سرکار خانم دکتر فاختک طلیعی، سرکار خانم مهندس شریفه محمدآلق، جناب آقای دکتر عبدالطیف قلیزاده، جناب آقای دکتر احمدرضا دادرس، جناب آقای مهندس عبدالله آتابای و جناب آقای مهندس محمد جواد بهروزبه تشکر و قدردانی می‌گردد.

References

1. Abdi, P. 2005. Economic Performance Assessment of Small Agricultural Water Supply Structures. Journal of Water and Soil Science 19 (2): 301-302. (in Persian).
2. Abu-Zreig, M. M., Abe, Y., and Isoda, H. 2006. The auto-regulative capability of pitcher irrigation system. Agricultural Water Management 85 (3): 272-278.
3. Asadi, R., Rezaei, M., and Motamed, M. K. 2004. A simple solution for dealing with droughts in Mazandaran Rice Fields. Journal of Drought and Agricultural Drought 14: 87-90. (in Persian).
4. Bainbridg, D. A. 2001. Buried clay pot irrigation: A little known but very efficient traditional method of irrigation. Agriculture Water Management 48: 79-88.
5. Baker, N. R., and Horton, P. 1987. Chlorophyll fluorescence quenching during photoinhibition. In: Photoinhibition (D.J. Kyle, C.B. Osmond, C.J. Arntzen, (eds.) Elsevier Scientific Publisher, Amsterdam. 85-94.
6. Bastani, S. 2003. Ground water irrigation scheme with clay pipes. 7^{th} seminar of Iranian national committee on Irrigation and Drainage 26: 1-22. (in Persian).
7. Basu, P., Ashoo, S., and Sukumaran, N. 1998. Changes in net photosynthetic rate and chlorophyll fluorescence in potato leaves induced by water stress. Photosynthetic 19: 13-35.
8. Bilger, W., and Bjorkman, O. 1990. Role of the xanthophyll cycle in Photoprotection elucidated by measurements of light-induced absorbance changes, fluorescence and photosynthesis in leaves of *Hedera canariensis*. Photosynthesis Research 25: 173-185.
9. Bolhar-Nordenkampf, H. R., and Oquist, G. 1993. Chlorophyll fluorescence as a tool in photosynthesis research. In: Photosynthesis and Production in a Changing Environment: A Field and Laboratory Manual (Eds. Hall, D. O., Scurlock, J. M. O., Bolhar-Nordenkampf, H. R.; Leegood, R. C.; Long, S. P.).Pp. 193-206. London: Chapman & Hall.
10. Bouman, B. A. M., Lampayan, R. M., and Tuong, T. P. 2007. Water management in irrigated rice- coping with water scarcity. Los Banose (Philippines): International Rice Research Institute 54p.
11. De Lucena, C. C., De Siqueira, D. L., Martinez, H. N., and Cecon, P. R. 2012. Salt stress change chlorophyll fluorescence in mango. Revista Brasileira Fruticultura 34: 1245-1255.
12. Genty, B., Briantais, J. M., and Baker, N. R. 1989. Relationship between the quantum yield of photosynthetic electron transport and quenching of chlorophyll fluorescence, Biochimica et Biophysica Acta 990: 87-92.
13. Ghorbani vaghei, H., Bahrami, H. A., Alizade, P., and Nasiri saleh, F. 2011. Hydraulic Properties of Porous Clay Capsules and its Effect on Soil Moisture Distribution. Iranian Water Research Journal 5 (9): 1-10. (in Persian).
14. Ghorbani, H. R., Samizade Lahiji, H., Rabiei, B., and Gholipor, M. 2011. Grouping of different rice genotypes using factor analysis and cluster analysis. Journal of Agricultural Knowledge and Sustainable Production 21 (3): 89-104. (in Persian).
15. Gilmore, A. M. 2004. Chlorophyll a Fluorescence. In: A signature of Photosynthesis (Eds. Papageorgiou, G. C. and Govindjee, D.), Pp.55-600. Springer, Dordrecht.
16. Heidari, N. 2011. Determination and evaluation of water use efficiency index of crops managed by farmers in the country. Journal of Water and Irrigation Management 1 (2): 43-57. (in Persian).
17. Hwang, C. J., Kim, K. T., Oh, N. K., and Jeong, J. U .1989. The effect of drought at the reproductive stage on degeneration, sterility, ripening and nutrient uptake of rice. Research Reports of the Rural Development of Administration, Rice. 31: 36-42.
18. Iguaz, A., Rodriguez, M., and Virseda, P. 2005. Influence of handling and processing of rough rice on fissured and head rice Yields. Journal of Food Engineering 77: 803-809.
19. Jiang, H., Jiang, G. L., Wang, G. L., Wu, J. L., He, Z. B., and Shen, J. L. 1991. Identification of drought resistance in rice germplasm resources. Jiangsu, Agricultural Science 1: 10-12.
20. Juraimi, A. S., Saiful, M. A. H., Beegum, M., Anuar, A. R., and Azmi, M. 2009. Influence of flooding intensity and duration on rice growth and yield. Pertanika Journal of Tropical Agriculture Science 32 (2): 195-208.
21. Kaouther, Z., Ben, Fredj, M., Mani, F., and Hannachi, C. 2012. Impact of salt stress (NaCl) on growth, chlorophyll content and fluorescence of Tunisian cultivars of chili pepper (*Capsicum frutescens* L.). Journal of Stress Physiology and Biochemistry 8: 236-252.
22. Kramer, D. M., Johnson, G., Kiirats, O., and Edwards, G. E .2004. New flux parameters for the determination of QA redox state and excitation fluxes. Photosynthesis Research 79: 209-218.
23. Krause, G.H., and Weis, E. 1991. Chlorophyll fluorescence and photosynthesis: The basics. Annual Review Plant Physiology and Plant Molecular Biology 42: 313-349.
24. Li, Y., and Barker, R. 2004. Increasing water productivity for paddy irrigation in china. Paddy Water Environment 2 (4): 187-193.
25. Mamnoei, E., and Seyed Sharifi, R. 2010. Study the effects of water deficit on chlorophyll fluorescence indices and the amount of proline in six barley genotypes and its relation with canopy temperature and yield. Journal of Plant Biology 5: 51-62.

26. Mao, Z. 2001. Water efficient irrigation and environmentally sustainable irrigated rice production in China. Wuhan University. Department of Irrigation and Drainage. 15p.
27. Mirlohi, A. F., Ehtemam, M. H., and Sabzalian, M. R. 2004. Investigating the factors of better rice growth in flooding conditions using Iranian cultivars. Journal of Water and Soil Science 8 (2): 121-133. (in Persian).
28. Mohammadi, H., Soltani, A., Sadeghipour, H., Zeinali, E., and Najafi Hezarjaribi, R. 2008. Effect of seed deterioration on vegetative growth and chlorophyll fluorescence in soybean (*Glycine max* L.). Journal Agriculture Science and Natural Resource 15 (5): 112-118.
29. Raeisi, T., and Sabouri, A. 2015. Validation and Analysis of Relationship between Microsatellite Markers Related to Drought Stress Tolerance and Salinity in Iranian Aerobic Rice Under Osmotic Stress. Journal of Crop Biotechnology 4 (10): 57-72. (in Persian).
30. Ranjbar Fardoei, A. 2017. Application of chlorophyll fluorescence indices in evaluating the performance of photosynthetic device khinjuk pistachio (*Pistacia khinjuk* L.) under osmotic stress. Journal of plant process function 6 (19): 247-254. (in Persian).
31. Reto, J. S., Michael, M. T., and Srivastava, A. 2004. Analysis of the chlorophyll a fluorescence transient. Pp: 2-38. In: Georg C and Govindjee P (Eds). Chlorophyll Fluorescence: A Signature of Photosynthesis.
32. Rezaei, M., and Nahvi, M. 2003. Effect of irrigation interval on rice yield. 11th seminar of Iranian national committee on Irrigation and Drainage. (in Persian).
33. Rezaei, M., and Nahvi, M. 2008.Effect of different irrigation management methods on water use efficiency and some characters of two native rice cultivars in Guilan. Journal Agricultural Science 1 (9): 15-25. (in Persian).
34. Rodericek, M., Florencia, G. R., Rodriguez, G. D. P., lampayan, R. M., and Bouman, B. A. M .2011. Impact of the alternate wetting and drying (AWD) water-saving irrigation technique: Evidence from rice producers in the Philippines. Food Policy 36 (2): 280-288.
35. Rostaei, M., Mohamadi, A., Omri, A., Nashit, M., and Haghparast, R. 2009. Evaluation of drought tolerance in recombinant inbred lines of bread wheat from crosses of Azar 2 and 87Zhong291 cultivars using chlorophyll fluorescence parameters. Journal of Agricultural Knowledge and Sustainable Production 19 (1): 21-34. (in Persian).
36. Sayed, O. H. 2003. Chlorophyll fluorescence as a tool in cereal research. Photosynthetica 3: 321-330.
37. Schreiber, U., Bilger, W., Hormann, H., and Neubauer, C. 1998. Chlorophyll fluorescence as a diagnostic tool: basics and some aspects of practical relevance. In: Photosynthesis: a Comprehensive Treatise. Cambridge: Cambridge University Press.
38. Schreiber, U., Schliwa, U., and Bilger, W .1986. Continuous recording of photochemical and non-photochemical chlorophyll fluorescence quenching with a new type of modulation fluorometer. Photosynthesis Research 10: 51-62.
39. Shi, Q., Zeng, X., Li, M., Tan, X., and Xu, F. 2002. Effects of different water management practices on rice growth. In: "Water-wise rice production" Bouman, B. A. M., Hengisdijk, H., Hardy, B., Bindraban, P.S., Tuong, T.P., Ladha JKNanchang. China.
40. Singh Samar, J. K., Ladh, R. K., Bhushan, G. L., and Raob, A. N. 2008. Weed management in aerobic rice systems under varying establishment methods. Crop Protection 27: 660-671.
41. Tuong, T. P., and B. A. M. Buman. 2003. Rice Production in water scarce environments. P. 53-6 Jkijne J.W., Barker R. and Molden D. (Eds). Water Productivity in agriculture, limits and opportunities for improvement. International Water Management. CABI Publishing Book. 352 Pp.
42. Yamane, Y., Kashino, Y., Koile, H., and Satoh, K. 1997. Increase in the fluorescence Fo level reversible inhibition of Photosystem II reaction center by high-temperature treatments in higher plants. Photosynthesis Research 52: 57-64.
43. Zhang, Y., Xie Z., Wang Y., Su P., An, L., and Gao H. 2011. Effect of water stress on leaf photosynthesis, chlorophyll content and growth of oriental lily. Russian Journal of Plant Physiology 58: 844-850.
44. Zlatev, Z. S., and Yordanov, I. T. 2004. Effects of soil drought on photosynthesis and chlorophyll fluorescence in bean plants. Bulgarian Journal Plant Physiology 30: 3-18.

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 17, No. 4, Winter. 2020, p. 647-659

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۷، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۸، ص. ۶۵۹-۶۴۷

Evaluation of Agronomic Traits and Chlorophyll Fluorescence Parameters in Rice Genotypes under Flooding and Underneath Irrigation

H. Sabouri[1*], H. Ghorbani Vaghei[2], M. R. Jafarzade Razmi[3], M. Rezaei[4], A. Heshmatpour[5], A. Sabouri[6], M. Katozi[7], S. Sanchouli[8]

Received: 10-04-2019
Accepted: 27-07-2019

Introduction

Rice is the second most important cereal in the world, and it has the highest water requirement among grain crops. Applying different irrigation methods is necessary in order to determine the best method to achieve maximum yield. Therefore, in this research, the effects of flooding and underneath conditions on chlorophyll fluorescence and agronomic traits of rice have been investigated.

Materials and Methods

This experiment was conducted in 2017 at the research farm of Gonbad-e-Kavos University. Two experiments were designed for agronomic and photosynthetic traits in flooding and underneath irrigation conditions in order to investigate two genotypes 87.110 (line selected from mass populations) and AE121 (an aerobic line). The first experiment was combined in two separate experiments (flooding and underneath) and 18 replicates. Given the uniformity of the ground, the base design was considered as CRD. The second experiment was conducted to compare the performance of irrigation methods and cultivars with the first experiment in a land with a greater area (100 m^2) in three replications. The germinated seeds were transplanted to nursery on 12 May. During the stage, care was taken in the nursery, such as irrigation, fertilizer, aeration and weeding. In this design, the distance between the plots was one meter and the distance between the blocks was two meters, so that the adjacent plots had no effect on the moisture content. Transplantation was carried out after 3-4 leaves with the selection of healthy and uniform seedlings on June 20th by 20 × 20 cm spacing and three seedlings. In the method of flood irrigation, the land was prepared as usual. To prepare underneath irrigation treatments, each plot was removed to a depth of 40 cm and porous clay capsules were used. The irrigation system consisted of three main pipelines (the number of irrigation treatments), one valve head and one volume meter installed on each main pipe. The main tubes were spread along the floor and the water needed for each treatment was taken using 16 mm tubes at the beginning of each plot. By placing the pressure gauge at the beginning of the pipelines, the system pressure was modulated in the underwater irrigation system. At the end, the agronomic traits and chlorophyll fluorescence parameters were measured.

Results and Discussion

The results showed that in the first experiment, the maximum water use efficiency was related to underneath conditions. This result was also repeated in the second experiment. In terms of flooding, the amount of water consumed was 6540 units higher than underneath conditions. The amount of water consumed in flooding irrigation was 864.71 and 1267.34 units more than underneath irrigation in the first and second experiment, respectively. Differences between irrigation treatments and cultivars were significant in most agronomic traits except length, width and area of flag leaf, yield, total weight, number of infertile panicle and main panicle

---

1- Associate Professor of Plant Production, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Gonbad-e-Kavoos, Iran
2- Assistant Professor of wood and Forest, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Gonbad-e-Kavoos, Iran
3- Master of Plant Breeding and Laboratory Expert of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Gonbad-e-Kavoos, Iran
4- MSc in Biotechnology, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Gonbad-e-Kavoos, Iran
5- Assistant Professor of Range and Watershed Management, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Gonbad-e-Kavoos, Iran
6- Associate Professor of Department of Engineering of Production and Plant Genetics, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran
7- PhD. Student of Nuclear Agriculture, Faculty of Agricultural Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran
8- MSc in Biotechnology, Iran
(*- Corresponding Author Email: hos.sabouri@gmail.com)

length. Also, the effect of cultivar and irrigation methods were significant on chlorophyll fluorescence traits except F' and Y (II).

Conclusions

The results indicated that most of the studied traits in the floodwater irrigation conditions were better than the underneath irrigation. The yield was also higher in underneath conditions than in the case of flooding conditions. The results of analysis of variance of both experiment in the studied traits showed that there is a significant difference between flooding conditions and underneath irrigation and also between genotypes under irrigation conditions. The mean comparison in underneath conditions also showed that the AE121 genotype has a higher potential under both conditions and can be recommended for high yielding.

Keywords: Chlorophyll fluorescence, Clay capsule, Irrigation, Water efficiency, Yield